

Originalbeitrag von Prof. St. Müller in der Diskussion
zu dem Vortrag von Dr. Siebert

Nach den Ergebnissen seismologischer Untersuchungen in den vergangenen zehn Jahren ist es sicher, daß die Erdkruste und der obere Erdmantel wesentlich komplizierter aufgebaut sind als man bisher angenommen hat. Die obersten 300 km des Erdkörpers durch ein einfaches Dreischichtenmodell (z.B. bestehend aus Sedimentschicht, Resistosphäre und Conductosphäre) zu beschreiben, erscheint daher nach den heutigen Kenntnissen unzureichend.

Umfangreiche Messungen im Alpen- und Voralpenraum haben gezeigt, daß unter einer stark differenzierten Kruste in Tiefen zwischen ungefähr 100 und 200 km eine Zone niedriger Scherwellengeschwindigkeit V_S , d.h. eine Zone mit entsprechend höherer Temperatur und damit geringerem elektrischen Widerstand, existieren muß (siehe Figur 1, rechts). Ihre obere Begrenzung, die unter Südwestdeutschland und der Schweiz in etwa 80 km Tiefe zu suchen ist, dürfte mit der aus den Ergebnissen der erdmagnetischen Tiefenson- dierung postulierten "Conductopause" identisch sein. Aus seismi- schen Messungen weiß man, daß die Zone erniedrigter Geschwindig- keit im oberen Mantel zwischen 100 und 150 km mächtig ist und nach unten von einer scharfen Diskontinuität in 200 bis 220 km Tiefe begrenzt wird. Die Geschwindigkeit in dem so definierten "Kanal" ist etwa 10 bis 12 Prozent geringer als unmittelbar ober- und unterhalb dieser sogenannten "Gutenberg-Zone".

Die Annahme eines homogen leitenden Halbraums unterhalb der Con- ductopause muß unter diesen Umständen als eine Näherung angesehen werden, deren Gültigkeit für längere Perioden zweifelhaft ist. Außerdem dürfte bei den großen Wellenlängen die Kugelgestalt der Erde nicht mehr zu vernachlässigen sein.

Neben diesen Beobachtungen gibt es weiterhin Anhaltspunkte dafür, daß die höhere elektrische Leitfähigkeit im Bereich der oberen Erdkruste nicht allein ihre Ursache in der gut leitenden Sediment- schicht hat - deren Aufbau und Mächtigkeit sich ja von Ort zu Ort sehr stark ändert - , sondern zum Teil von einer Zone erhöhter Temperatur im Bereich der sog. "Resistosphäre" herrührt. Energie- reiche Zweiteinsätze (P_c) bei refraktionsseismischen Messungen auf

allen fünf Kontinenten können nur dann befriedigend erklärt werden, wenn in Tiefen zwischen etwa 7 und 12 km eine Zone niedriger Geschwindigkeit angenommen wird. Ihre untere Begrenzung muß ebenfalls eine Diskontinuität erster Ordnung sein, wie gute Tiefenreflexionen mit einer Echolaufzeit um 4 sec zeigen.

Eine Geschwindigkeitsverteilung von der Art wie in Figur 1 (links oben) wiedergegeben, gestattet nicht nur die Beobachtungen der Refraktions- und Reflexionsseismik widerspruchsfrei zu deuten, sondern auch den Charakter der verschiedenen Oberflächenwellen und der geführten Wellen L_g und \bar{P} verständlich zu machen. Die Tatsache, daß die meisten genauer bestimmten "oberflächennahen" Erdbebenherde in Europa, Nordamerika und Australien in Tiefen zwischen 7 und 15 km liegen, dürfte wohl kein Zufall sein. Es ist vielmehr zu erwarten, daß gerade die Kanalbegrenzungsflächen Orte bevorzugten Spannungsausgleichs darstellen und daß sich diese dynamischen Vorgänge in der Tektonik bis zur Erdoberfläche durchpausen.

In engem Zusammenhang damit steht die Beobachtung, daß die aus Erdbeben ermittelte P_g -Geschwindigkeit (5.0 - 5.6 km/sec) stets geringer ist als der aus Explosionen bestimmte Wert (um 6.0 km/sec). Man kann daraus gewisse Rückschlüsse auf den Minimalwert der Geschwindigkeit in dieser "anormalen" Krustenzone ziehen. Die gemessene Verzögerung der P- und S-Wellen durch den Kanal erniedrigter Geschwindigkeiten ist in erster Näherung direkt proportional zu der an der Erdoberfläche gemessenen Wärmestromdichte. Nimmt man an - was naheliegend erscheint - , daß die Geschwindigkeitsabnahme durch ein Überwiegen der thermischen Einflüsse über die Wirkung zunehmenden Drucks zustandekommt, dann muß in dem Tiefenbereich um 10 km eine höhere Temperatur als bisher vermutet angenommen werden. Wenn dem so ist, müßte eine relative Zunahme der spezifischen elektrischen Leitfähigkeit beobachtet werden. Dies ist in der Tat der Fall, wie erst vor kurzem durchgeführte elektrische Widerstandssondierungen in Nordamerika und Europa gezeigt haben. Zweifellos könnten systematische Pulsationsbeobachtungen dazu beitragen, Licht in diese angedeuteten Zusammenhänge zu bringen.

Als Grund für die abrupte Geschwindigkeitszunahme an der Kanalunterkante muß entweder eine Materialgrenze oder ein plötzlicher Phasenübergang angenommen werden. Eine der wenigen möglichen Pha-

senumwandlungen wäre der Übergang von α - in β -Quarz, zu dem in 10 km Tiefe allerdings Temperaturen von etwas über 600°C erforderlich sind. Derartig hohe Temperaturen in dieser Tiefe erscheinen nach den gegenwärtigen Vorstellungen ziemlich unwahrscheinlich, es sei denn, daß aus irgendwelchen Gründen eine sehr intensive, eng lokalisierte Aufheizung in der Tiefe stattfindet. Eher denkbar wäre ein scharfer Übergang von Gesteinen mit wassergefülltem Porenraum zu völlig wasserfreien Tiefengesteinen. Eine derartige Vorstellung wird gestützt von neuen Analysen physikalischer Prozesse in kontinentalen Thermalgebieten, nach denen eine Zirkulation des Wassers bis in Tiefen von ungefähr 10 km angenommen werden muß.

Nach den bisher vorliegenden Ergebnissen handelt es sich sowohl bei der "Gutenberg-Zone" im oberen Erdmantel (80...220 km) als auch bei der Zone erniedrigter Geschwindigkeit in der oberen Erdkruste (etwa 8...12 km) um Strukturen, die sich über ganze Kontinente erstrecken - die aber natürlich starken regionalen Schwankungen in ihrer Tiefenlage unterworfen sind. Es ist eine der Hauptaufgaben des "Unternehmens Erdmantel", diese für das tektonische Geschehen wichtigen Strukturen zu kartieren und mit anderen Beobachtungen in Einklang zu bringen.

St.Müller

